

POTENSI PEMBENTUKAN BIOGAS PADA PROSES BIODEGRADASI CAMPURAN SAMPAH ORGANIK SEGAR DAN KOTORAN SAPI DALAM *BATCH* REAKTOR ANAEROB

Ratnaningsih, H. Widyatmoko, Trieko Yananto

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan,
Universitas Trisakti, Jakarta

Email: greencenter@cbn.net.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengolah sampah organik segar yang dicampur dengan kotoran sapi menjadi biogas, pada skala laboratorium menggunakan reaktor *batch*. Penentuan jumlah biogas terbaik terhadap pengenceran kotoran sapi perah dan sampah organik segar dilakukan dengan komposisi bahan campuran (1:0; 3:1; 1:1; 1:3; 0:1) dengan volume 4 liter dan waktu pemeraman 24 hari, selanjutnya dianalisis dengan metode regresi. Parameter pendukung yang diuji meliputi: C/N rasio, pH isian, BOD/COD, Total Solid, serta komposisi gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah biogas terbaik dihasilkan oleh bahan campuran 1:1 dengan kadar TS 9% (rasio C/N 9,7), yaitu sebesar 1,03 liter biogas per liter bahan (12 l/kg TS), dengan kandungan metana sebesar 11,57%. Secara keseluruhan biogas terbentuk pada umur isian dua hari, dengan rentang suhu 25,5°C – 28,5°C dan pH awal sebesar 5,32 – 6,25. Disamping itu juga terjadi penurunan kadar Total Solid lumpur substrat sebesar 17 – 61%, dan penurunan BOD/COD masing-masing sebesar 25 – 40% dan 23 – 52%. Rendahnya produksi biogas dan kandungan metana disebabkan tidak sempurnanya proses *methanogenesis* akibat terlalu rendahnya rasio C/N pada masing-masing substrat (C/N rasio 9,2 – 10,3), sehingga proses dekomposisi anaerob dalam tiap-tiap reaktor tidak mencapai tahapan *methanogenic* sempurna. Hal ini berdampak terhadap derajat keasaman substrat yang rendah pada akhir produksi (5,89 – 6,42), yang menandakan masih berlangsungnya tahap *acetogenic* (tahap produksi asam). Sumber pakan ternak berupa ampas tempe dan ampas tahu merupakan salah satu penyebab rendahnya rasio C/N kotoran sapi perah (9,2). Konsumsi ampas tahu dan tempe mencapai 22,7 kg/ekor/hari atau 89% dari total konsumsi per hari. Penelitian ini memperlihatkan bahwa pembentukan biogas yang dihasilkan belum optimal, akibat C/N rasio yang rendah.

Abstract

The research device to produced biogas from mixture the cow feces and fresh organic garbage, on laboratory with batch reactors. Biogas fixation on mixture of liquefied the cow feces and fresh organic garbage divided into five groups (1:0; 3:1; 1:1; 1:3; 0:1) by 4 liter substrates in 24 days, and analyzed by regression method. Measurement of another parameters is: C/N ratio, pH substrate, BOD/COD, Total Solid, and biogas composed. This result showed that the best volume of biogas have produced by unit ratio 1:1 (TS 9%; C/N ratio 9,7) as much as 1,03 liter biogas per liter substrate (12 l/kg TS), and 11,57% methane. Overall biogas have started produce in two days, by temperature 25,5°C – 28,5°C and pH beginning 5,32 – 6,25. Meanwhile the process have been reduction Total Solid as 17 – 61%, and reduction of BOD/COD each one as 25 – 40% and 23 – 52%. Poorly of biogas and methane production have been effected by lowest C/N ratio in each substrate (C/N ratio 9,2 – 10,3), so that the methanogenic process haven't optimum. The problem effected on pH substrate when lowest in the end of process (5,89 – 6,42), this is showed that acetogenic process still turning. Source of lowest C/N ratio in cow feces (9,2) caused by waste of tempe and tahu that cows consumption, the consumption have been 22,7 kg/cow/day or 89% of total consumption per day. The research showed that biogas production had not on optimal condition, effected by lowest C/N ratio.

Keywords: *organic garbage, cow faces, biogas, methane*

1. Pendahuluan

Sampah menjadi beban bagi sebagian besar penduduk kota, khususnya di DKI Jakarta. Wilayah ibu kota seluas 661,64 km² dengan jumlah penduduk kurang lebih 7,5 juta jiwa, hampir dipastikan tidak lagi memiliki ruang untuk menampung sampah yang diproduksi sebanyak 25.632 m³/hari, maka dalam penanganannya Dinas Kebersihan DKI bekerja sama dengan Pemerintah Kota Bekasi, menggunakan kawasan Bantar Gebang sebagai Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Sampah organik di TPA akan mengalami proses dekomposisi secara anaerobik sehingga menghasilkan gas CH₄ (metana). Gas metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dibanding dengan karbondioksida, selain mudah meledak diketahui menjadi faktor utama pada fenomena pemanasan global dengan laju 1% per tahun dan terus meningkat [1].

Untuk mereduksi emisi metana (CH₄) dari TPA ke atmosfer dapat digunakan dua cara, yaitu memanfaatkan metana di TPA sebagai bahan bakar, atau mengkonversikan material sampah organik sebagai bahan bakar. Alternatif pertama dan kedua merupakan strategi dalam mengubah sampah menjadi energi (*waste to energy*). Oleh karena energi yang dihasilkan berasal dari bahan bakar berupa sampah yang diproduksi setiap hari, maka *waste to energy* menjadi salah satu jenis dari energi terbarukan (*renewable energy*).

Strategi pertama adalah upaya mengendalikan emisi metana di TPA agar tidak lepas ke atmosfer. Hal ini dilakukan dengan cara mengumpulkan dan memanfaatkan gas tersebut menjadi bahan bakar genset listrik secara langsung atau sebagai bahan bakar boiler yang energi panasnya dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti untuk pembangkit generator listrik tenaga uap dan air panas untuk mencuci truk sampah.

Pada strategi kedua, emisi metana di TPA sengaja dihindari dengan cara menghentikan pembuangan sampah ke TPA, tetapi dialihkan ke fasilitas khusus yang dapat mengubah sampah menjadi energi. Proses pengubahannya dapat dilakukan dengan menguraikan sampah organik perkotaan secara mikrobiologis anaerob yang akan menghasilkan metana secara terkendali di dalam instalasi reaktor biogas anaerobik.

Beberapa instalasi biogas skala kecil tersebar di berbagai pelosok di Jawa Timur dan Jawa Tengah, sedangkan instalasi biogas sebagai penggerak listrik yang terbesar di Indonesia terletak di Rumah Potong Hewan Cakung, Jakarta Timur, dengan produksi listrik sekitar 20-35 kV dari 13,4 ton limbah rumen dan darah sapi, yang dirancang oleh Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan BPPT.

Melihat potensi di atas, wilayah peternakan sapi perah di Kelurahan Tegal Parang berpeluang mengembangkan teknologi *waste to energy* guna mengatasi timbulan limbah ternak dan sampah organik rumah tangga di daerah ini. Tak kurang dari tiga peternakan sapi perah yang dikelola pada skala rumah tangga terletak di Kelurahan Tegal Parang, Kecamatan Mampang, Jakarta Selatan. Wilayah ini potensial dalam pemasok bahan baku penghasil biogas dengan timbulan kotoran sapinya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi biogas yang dihasilkan dari pengolahan sampah organik segar yang dicampur dengan kotoran sapi.

2. Metode Penelitian

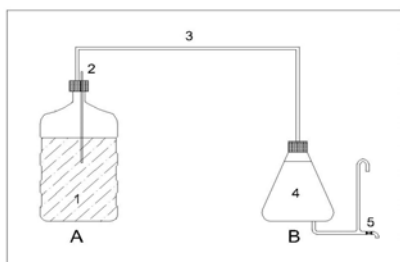
Penelitian dilakukan bulan Agustus 2006 sampai Juli 2007. Pengukuran uji kromatografi gas dilakukan di Laboratorium Rekayasa Reaksi Kimia dan Konversi Gas Alam, Departemen Teknik Kimia, FT – UI, Depok, Jawa Barat, untuk analisis kandungan unsur kimia dan karakteristik fisik, dilakukan di Laboratorium Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor, dan Laboratorium Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Trisakti, Jakarta Barat.

Sampah organik, berumur kurang dari tiga hari (Tabel 1) dihaluskan. Setelah dilakukan uji fisik (kadar air dan kadar abu), diencerkan dengan aquades 1:1 (berat sampah : volume air). Kemudian dilakukan pencampuran dengan kotoran sapi dari Peternakan Sapi Perah, Kelurahan Tegal Parang, Mampang, Jakarta Selatan yang juga telah mengalami perlakuan yang sama. Setelah homogenisasi melalui pengadukan, campuran sebanyak 4 liter dimasukkan ke dalam tangki pencernaan dengan volume 6 liter. Larutan NaCl digunakan sebagai bahan penangkap biogas yang dihasilkan dari proses dekomposisi tersebut.

Tabel 1. Komposisi Sampah

Jenis Sampah	Berat (gr)	(%)
Sawi Putih	4100	22.39
Batang Kangkung	10900	59.53
Wortel	750	4.10
Labu Siam	240	1.31
Pare	460	2.51
Sawi Hijau	900	4.92
Terong	200	1.09
Ampas Kelapa	400	2.18
Kulit Pisang	360	1.97
Total	18310	100

Biogas yang dihasilkan dari tabung air mineral (A) akan mengalir ke tabung erlenmeyer (B) yang berisi larutan NaCl 10%, melalui selang penghubung. Gas yang dihasilkan akan mendesak larutan NaCl pada tabung B, sehingga larutan tersebut akan keluar karena tekanan gas, melalui saluran leher angsa. Volume larutan NaCl yang keluar akan sebanding dengan volume gas yang dihasilkan. Gambar 1.). Selain itu juga digunakan Furnance / Oven (operasi pada *range* 105°C - 600°C), Desikator, pH Meter dan Termometer untuk mengukur temperatur bahan isian dan suhu ruang.



Gambar 1. Reaktor percobaan sistem batch

Keterangan:

- A. Tabung air mineral 6000 ml berisi bahan penelitian
- B. Tabung erlenmeyer 1000 ml berisi larutan NaCl
- 1. Campuran sampah organik segar dan kotoran sapi
- 2. Termometer
- 3. Selang penghubung
- 4. Larutan NaCl 10%
- 5. Leher angsa

Untuk mengetahui pengaruh penambahan kotoran sapi pada pembentukan biogas, dilakukan variasi volume campuran antara kotoran sapi dan sampah organik segar pada dua bioreaktor anaerobik yang berukuran sama (duplo) seperti tampak pada Tabel 2.

Selama penelitian, data yang diamati dan dikumpulkan tiap hari meliputi: Temperatur campuran, Temperatur ruang, dan volume gas. Gas yang terbentuk, terkumpul di atas reaktor dan ditangkap oleh tabung erlenmeyer B (larutan NaCl). Gas yang telah tertangkap, diukur secara berkala volumenya. Produksi biogas ditandai dengan turunnya larutan NaCl akibat tekanan gas yang masuk ke dalam tabung erlenmeyer B. Volume tersebut diukur dengan menggunakan gelas ukur. Pengamatan terhadap volume gas yang dihasilkan dilakukan setiap hari (24 jam) sampai larutan NaCl pada tabung erlenmeyer B tidak keluar selama tiga hari. Diasumsikan apabila larutan NaCl pada tabung erlenmeyer B tidak keluar selama tiga hari maka produksi gas telah berhenti.

Komposisi biogas yang dihasilkan dapat diketahui dengan menganalisis gas yang dihasilkan dengan

menggunakan alat *Gas Chromatography*, setelah tangki pencernaan tidak memproduksi gas. Parameter yang diteliti pada awal dan akhir tahapan proses meliputi: % C Organik, % N Organik, C/N rasio, Total Solid, *Volatile Solid*, BOD dan COD campuran, pH campuran serta densitas bahan isian (kg/L)

Tabel 2. Komposisi campuran bahan isian

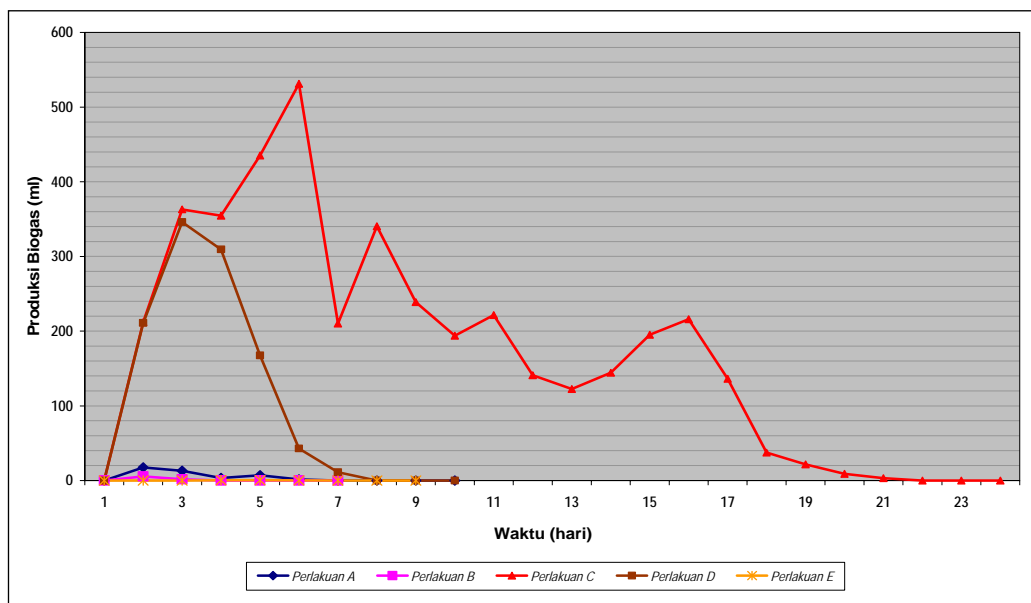
Bahan Isian	Jenis Perlakuan				
	A (1:0)	B (3:1)	C (1:1)	D (1:3)	E (0:1)
Kotoran sapi	4 liter	3 liter	2 liter	1 liter	-
Sampah organik	0 liter	1 liter	2 liter	3 liter	4 liter

3. Hasil dan Pembahasan

Produksi biogas yang dihasilkan dari masing-masing bahan dasar mulai awal sampai akhir proses dan bioreaktor yang digunakan secara detail ditampilkan pada Gambar 2. Pada grafik tersebut terlihat perlakuan C dan D (campuran kotoran sapi dengan sampah organik segar dengan perbandingan 1:3) memiliki grafik naik pada awal pembentukan biogas yang saling menyerupai, pola ini terjadi hingga hari ke-3 pengamatan. Namun, pada perlakuan D terjadi penurunan produksi biogas pada hari berikutnya, hingga berhenti produksi pada hari ke-7. Total produksi biogas perlakuan D 1088 ml dengan masa produksi enam hari dan produksi tertinggi sebesar 346 ml.

Sementara itu, untuk perlakuan E dengan bahan baku sampah organik segar menunjukkan terjadi degradasi yang tidak maksimal. Hal ini terlihat dari jumlah produksi gas yang sangat kecil, yaitu 1,25 ml dalam waktu tiga hari (Tabel 3).

Jika dibandingkan dari kelima perlakuan, produksi biogas secara kumulatif menunjukkan perlakuan C memproduksi biogas lebih besar dibandingkan dengan bahan baku lainnya seperti terlihat pada Tabel 1, dengan rata-rata produksi 20,36 ml/hari. Sedangkan produksi biogas pada perlakuan E merupakan yang terendah, dengan rata-rata produksi 0,42 ml/hari. Penambahan sampah organik segar berpengaruh nyata terhadap peningkatan produksi biogas. Penambahan sampah organik segar dengan perbandingan 1 : 1 (1 kotoran sapi : 1 sampah organik) produksi biogas meningkat hingga 97 kali, sedangkan penambahan sampah organik segar dengan perbandingan 1 : 3 (1 kotoran sapi : 3 sampah organik) produksi biogas meningkat 25 kali.



Keterangan:

A = Pengenceran kotoran sapi (kadar TS 14%)

B = Campuran kotoran sapi dan sampah organik segar, 3:1 (kadar TS 11%)

C = Campuran kotoran sapi dan sampah organik segar, 1:1 (kadar TS 9%)

D = Campuran kotoran sapi dan sampah organik segar, 1:3 (kadar TS 6%)

E = Pengenceran sampah organik segar (kadar TS 3,5%)

Gambar 2. Produksi biogas harian

Tabel 3. Produksi biogas rata-rata harian

Perlakuan	Volume Campuran Bahan (ml)	Waktu (hari)	Total Produksi Biogas (ml)	Rata-rata Produksi/Hari (ml)
A	4000	6	42,5	8,50
B	4000	3	7,25	3,63
C	4000	21	4127,15	206,36
D	4000	7	1088,0	181,33
E	4000	6	1,25	0,42

Titik optimum produksi biogas perlakuan C terjadi pada hari ke-6. Titik optimum terjadi pada hari ke-13, tetapi dalam penelitian ini lebih cepat terjadi, karena adanya perbedaan sistem yang digunakan dan banyaknya volume bahan yang dipakai [2].

Proses sinambung dengan sistem curah menggunakan bahan limbah padat buah/sayur + kotoran sapi menghasilkan biogas 141 l/kg TS, sedangkan dengan sistem curah menggunakan lumpur tapioka menghasilkan biogas sebanyak 125 l/kg TS [2]. Terhambatnya produksi biogas dalam penelitian ini

diduga akibat rendahnya rasio C/N yang terkandung pada bahan isian serta terbentuknya lapisan *scum* (kerak) pada permukaan bahan isian. Rendahnya rasio C/N (9,2 – 10,3) dapat menyebabkan amonifikasi dan meracuni bakteri di dalam digester.

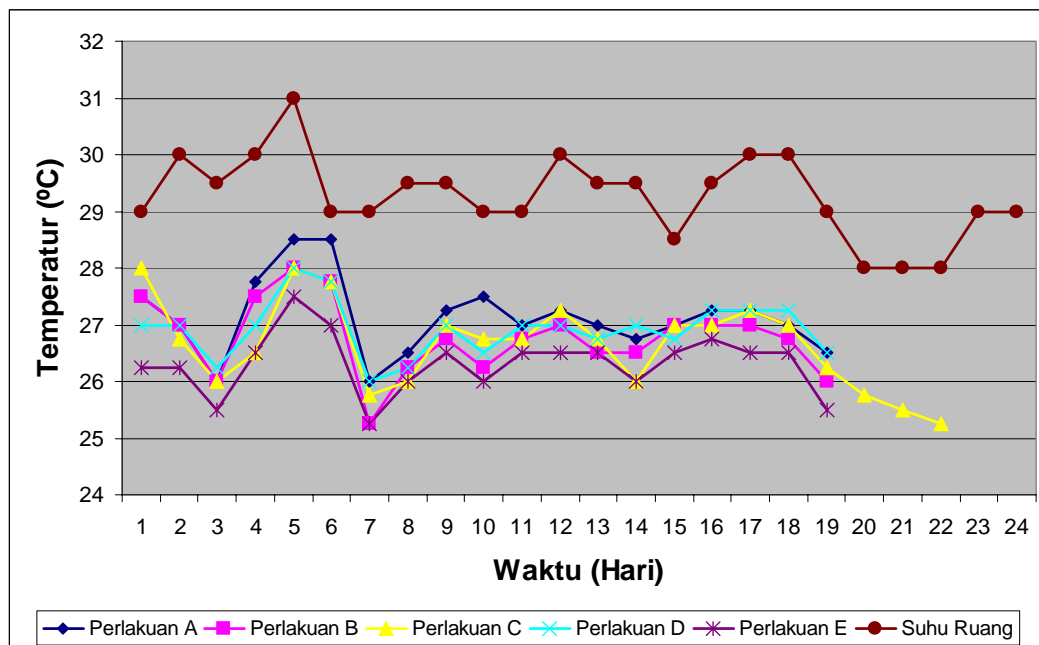
Berdasarkan produksi biogas per volume bahan, maka produksi biogas perlakuan C, campuran kotoran sapi dan sampah organik segar (kadar TS 9%) menghasilkan 1,03 liter biogas per liter bahan, yaitu 4,13 liter biogas yang dihasilkan dibagi 4 liter bahan yang digunakan. Produksi ini lebih besar jika dibandingkan dengan

keempat perlakuan lainnya, karena padatan kering yang terkandung di dalam bahan isian lebih mendekati nilai optimum, yaitu 7 – 9% [3].

Tabel 4 menunjukkan kandungan gas metana yang terbentuk sangat rendah, berkisar 0,55–13,66% dan produksi gas karbondioksida cukup tinggi (2,76–64,71%), hal ini berlawanan komposisi gas ideal yang terdiri dari 54–70% CH₄ dan 27–45% CO₂. Persentase pembentukan gas metana yang paling baik terjadi pada bahan isian kotoran sapi (perlakuan A), namun tingginya kandungan gas metana pada perlakuan tersebut tidak diiringi oleh tingginya volume biogas yang dihasilkan (0,08 l/kg TS), sedangkan pada perlakuan C yang memproduksi biogas tertinggi (12 l/kg TS) mengandung gas metana sebesar 11,57%.

Tabel 4. Komposisi gas

Perlakuan	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)
A	13,66	64,62
B	7,67	52,27
C	11,57	64,71
D	0,55	2,76
E	-	-



Gambar 3. Temperatur harian rata-rata

Secara keseluruhan, penambahan sampah organik pada kotoran sapi mempengaruhi volume biogas dan kandungan CH₄, yaitu kandungan CH₄ paling baik diproduksi oleh campuran dengan perbandingan 1 : 1 (perlakuan C), karena penambahan sampah organik (1 sampah organik : 1 kotoran sapi) secara langsung mempengaruhi kadar TS substrat menjadi 9% dan menaikkan rasio C/N menjadi 9,7. Seperti diungkapkan oleh Harahap (1980), bahwa kadar TS substrat yang optimum untuk memproduksi biogas berkisar antara 7 – 9% padatan kering [3].

Untuk meminimalkan penggunaan energi pada *digester* selama pencernaan berlangsung, maka dalam penelitian ini pencernaan anaerobik dibiarkan pada suhu kamar rata-rata 29,27°C.

Dari hasil pengukuran temperatur selama 24 hari (Gambar 3) diketahui fluktuasi suhu yang paling besar terjadi pada hari ke-3 hingga hari ke-7 pengamatan selanjutnya fluktuasi tersebut semakin kecil dan hampir merata pada setiap perlakuan yang menghasilkan suhu yang berbeda karena perbedaan tingkat fermentasi. Suhu yang diperoleh selama penelitian berkisar antara 25,5°C–28,5°C dan suhu ini masih di bawah temperatur *mesophilik*.

Produksi biogas pada perlakuan C lebih sering berpengaruh nyata terhadap suhu substrat. Hal ini terlihat pada produksi puncak biogas di hari ke-6 (531.25 ml) yang diikuti oleh meningkatnya suhu substrat pada hari ke-5 hingga hari ke-6 dengan temperatur 28°C dan 27,75°C. Begitu pula pada saat temperatur menurun tajam pada hari ke-7 (25,75°C)

yang diikuti oleh menurunnya produksi biogas menjadi 210,25 ml. Fluktuasi ini berlangsung hingga hari ke-17 hingga akhirnya temperatur substrat dan produksi biogas menurun secara stabil ke titik 0 ml.

Rata-rata temperatur isian di dalam *digester* dari semua perlakuan adalah 26,84°C. Temperatur isian tersebut lebih rendah dibandingkan temperatur kerja optimum untuk proses biogas. Temperatur kerja yang optimum untuk penghasil biogas adalah 35°C, sedangkan Pencernaan anaerobik dapat berlangsung pada kisaran 5°C sampai 55°C [4].

Tabel 5. menunjukkan pH awal maupun akhir pencernaan pada masing-masing *digester* masih di bawah pH optimum. Derajat keasaman optimum untuk perkembangbiakan bakteri pembentuk metana adalah pada pH 6,8 sampai 8 [4].

Pada perlakuan A dan B terjadi penurunan pH di akhir penelitian, hal ini diduga karena masih berlangsungnya tahap asetogenik (tahap pembentukan asam) pada substrat, dimana dalam kondisi asam menjadi toksik bagi bakteri *methanogenik*, sehingga menghambat pembentukan biogas. Sedangkan substrat pada perlakuan C dan D tetap dalam kondisi asam, walaupun terjadi kenaikan kecil pada pH masing-masing substrat. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap rendahnya kandungan metana di dalam biogas yang dihasilkan. Kenaikan pH pada perlakuan E tidak diiringi oleh produksi biogas karena kurangnya bakteri dalam substrat tanpa pencampuran kotoran sapi.

Tabel 5. pH bahan isian rata-rata

Perlakuan	pH Awal	pH Akhir
A	6,25	5,91
B	6,03	5,91
C	5,89	5,90
D	5,61	5,89
E	5,32	6,42

Nilai rasio C/N untuk kotoran sapi adalah 9,21 dan untuk sampah organik segar sebesar 10,26. Dari data ini terlihat bahwa rasio C/N kotoran sapi pada penelitian ini hampir separuh dari angka rasio C/N kotoran sapi seperti yang dijelaskan oleh Fry (1973) dan Hadi (1982) dalam Kadarwati (2003), yaitu sebesar 18, sedangkan Samiadi (1987), dalam penelitiannya menyebutkan bahwa rasio C/N pada kotoran sapi sebesar 26,44 [4].

Rendahnya rasio C/N pada kotoran sapi perah di Kelurahan Tegal Parang disebabkan oleh sumber pakan ternak yang didominasi oleh ampas tempe dan ampas

tahu yang diperoleh dari industri tempe dan tahu di wilayah Mampang, dimana ampas tahu maupun ampas tempe memiliki kandungan protein yang cukup tinggi, sebesar $\pm 21\%$ dan serat kasar $\pm 20\%$. Variasi sumber pakan ternak sapi perah di Kelurahan Tegal Parang dapat dilihat pada Tabel 6.

Proses penderaman (*digestion*) selain menghasilkan biogas juga menyisakan bahan-bahan organik yang lebih sederhana yang disebut *digested sludge*. Berdasarkan analisis data *digested sludge* yang dikeluarkan dari proses anaerob, diketahui bahwa terjadi penurunan kadar TS pada mayoritas bahan, terkecuali bahan E yakni tetap 35 gr/l atau tidak terjadi reduksi TS (Tabel 7).

Reduksi TS antara 32% sampai 38%, sedangkan bahan *activated sludge* reduksi TS sebesar 45–55% [2]. Reduksi Total Solid ini disebabkan perombakan oleh mikroorganisme, dimana kandungan bahan organik pada lumpur kotoran sapi dan sampah organik segar sangat tinggi dan mengandung unsur protein, lemak, dan karbohidrat rantai panjang, karakteristik yang demikian membuat bahan tersebut mudah dicerna oleh mikroorganisme atau mudah diolah secara biologis. Di samping data *digested sludge* yang dikeluarkan dari proses anaerob, dalam penelitian ini juga diperoleh data reduksi BOD dan COD dari masing-masing (perlakuan), seperti tersajikan pada Tabel 8.

Tabel 6. Konsumsi pakan ternak sapi perah

Jenis	Ketersediaan Pakan (kg/hari)	Konsumsi Pakan (kg/ekor/hari)	Konsumsi / hari (%)
Ampas Tahu	100	9,1	35,65
Ampas Tempe	150	13,6	53,48
Rumput	24	2,2	8,56
Dedak	6,5	0,6	2,32
Total	280,5	25,5	100

Lumpur kotoran sapi yang dihasilkan menunjukkan penurunan COD sebesar 90% (19800 mg/l menjadi 1960 mg/l), sedangkan penurunan BOD kotoran ternak pada proses anaerob sebesar 70% [5].

Kurang efektifnya penyisihan BOD/COD disebabkan oleh tidak sempurnanya proses fermentasi pada substrat, akibat dari terlalu rendahnya derajat keasaman substrat dan rendahnya rasio C/N pada bahan isian. Produksi biogas hasil dari perhitungan mencapai sembilan kali lebih besar dibandingkan volume biogas hasil penelitian. Rendahnya produksi biogas dan kandungan

metana disebabkan tidak sempurnanya proses *methanogenesis* akibat terlalu rendahnya rasio C/N pada masing-masing substrat, sehingga proses dekomposisi anaerob dalam tiap-tiap reaktor tidak mencapai tahapan *methanogenic* sempurna. Hal ini berdampak terhadap

derajat keasaman substrat yang rendah pada akhir produksi, yang menandakan masih berlangsungnya tahap *acetogenic* (tahap produksi asam).

Tabel 7. Degradasi lumpur isian pada masing-masing reaktor

Bahan	Berat Total		Kadar TS		Reduksi TS (%)
	Awal (kg)	Akhir (kg)	Awal (gr/l)	Akhir (gr/l)	
A	4,26	4,255	140	55	61
B	4,24	4,240	110	75	32
C	4,23	4,205	90	60	33
D	4,16	4,150	60	50	17
E	4,14	4,140	35	35	0

Tabel 8. BOD/COD yang dihasilkan dari proses anaerob

Perlakuan	BOD 5			COD		
	Awal (mg/l)	Akhir (mg/l)	Reduksi BOD (%)	Awal (mg/l)	Akhir (mg/l)	Reduksi COD (%)
A	69000	52000	25	88038,80	67683,87	23
B	58000	39000	33	69328,49	46740,47	33
C	50000	26000	48	63937,38	31654,64	50
D	25000	18000	28	38268,46	24219,43	37
E	20000	12000	40	33379,46	16027,06	52

Tabel 9. Biogas hasil reduksi BOD

Perlakuan	BOD 5			Hasil Pengamatan		Hasil Perhitungan	
	Awal (mg)	Akhir (mg)	Reduksi BOD (mg)	Volume Biogas (liter)	Volume CH ₄ (liter)	Volume Biogas (liter)	Volume CH ₄ (liter)
A	276000	208000	68000	0,0425	0,0058	26,20	3,60
B	232000	156000	76000	0,0073	0,0006	29,25	2,24
C	200000	104000	96000	4,1272	0,4775	36,90	4,27
D	100000	72000	28000	1,0880	0,0060	10,78	0,06
E	80000	48000	32000	0,0013	-	12,29	-

Persamaan neraca massa pada proses anaerob [6].

$$BOD_{in} = BOD_{eff} + BOD_{metana}$$

$$\text{Volume biogas saat 1 mol gas } 26,84^{\circ}\text{C} = nRT : P \\ = \{ (1 \text{ mol}) (0,082057 \text{ atm.L/mol.K}) [(273,15 + 26,84)\text{K}] \} : 1,0 \text{ atm} = 24,6 \text{ L}$$

Konversi BOD menjadi metana:

4. Kesimpulan

1. Sampah organik segar dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dengan kotoran sapi perah untuk membuat atau memproduksi biogas dengan pengolahan anaerob sistem *batch*, pada suhu kamar (berkisar antara 25,5°C–28,5°C).
2. Penambahan sampah organik segar ke dalam kotoran sapi perah dengan perbandingan 1 : 1 (1 kotoran sapi perah : 1 sampah organik segar), mengubah kandungan *Total Solid* isian menjadi 90 gr/l (kadar TS 9%), sehingga lebih mendekati kadar bahan kering optimum untuk memproduksi biogas yang berkisar antara 7–9%.
3. Penambahan sampah organik segar ke dalam kotoran sapi perah memberikan pengaruh nyata terhadap produksi biogas. Campuran terbaik adalah perbandingan 1 : 1 (perlakuan C), dengan total produksi 4127 ml atau 206 ml/hari dengan kadar TS 9%.
4. Berdasarkan produksi biogas per volume bahan yang diolah, jumlah biogas terbaik dihasilkan dari bahan campuran kotoran sapi dan sampah organik segar dengan perbandingan 1 : 1 (kadar TS 9%), yaitu sebesar 1,03 liter biogas per liter bahan, atau menghasilkan biogas sebesar 12 l/kg TS.
5. Kandungan metana dalam biogas paling tinggi diproduksi oleh perlakuan A (kotoran sapi perah tanpa campuran sampah organik), yaitu sebesar 13,66%. Sedangkan kandungan metana pada perlakuan C sebesar 11,57%.
6. Proses dekomposisi secara anaerob dengan sistem *batch* dapat mendegradasi kotoran sapi perah dan campurannya dengan sampah organik segar. Hal ini terlihat pada analisis reduksi *Total Solid* sebesar 17–61%, reduksi BOD sebesar 25–48%, dan reduksi COD sebesar 23–52%.
7. Produksi biogas dalam perhitungan neraca massa mencapai sembilan kali lebih besar, dibandingkan volume biogas dalam penelitian.

$$\begin{aligned} & (24,6 \text{ L/mol}) / (64 \text{ g BOD/mol CH}_4) \\ & = 0,385 \text{ L CH}_4/\text{g BOD} \\ & = 0,000385 \text{ L CH}_4/\text{mg BOD} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh volume biogas yang berbeda dari hasil pengamatan (Tabel 9).

8. Sumber pakan ternak berupa ampas tempe dan ampas tahu berpengaruh terhadap rendahnya rasio C/N kotoran sapi perah.

Daftar Acuan

- 1] Qasim, Syed, R., Wastewater Treatment Plant, Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania, 1994.
- 2] Priyono, Heru, Pemanfaatan Lumpur dan Limbah Padat Industri Tapioka untuk Produksi Biogas, Pasca Sarjana IPB, Bogor, 2002.
- 3] Harahap, Nuraini, Pengolahan Limbah Bagase Pabrik Gula Sei Semayang Menjadi Gas Bio, Pasca Sarjana IPB, Bogor, 1994.
- 4] Kadarwati, Sri, Studi Pembuatan Biogas dari Kotoran Kuda dan Sampah Organik Skala Laboratorium, Publikasi P3TEK Vol. 2, No.1, 2003.
- 5] Widodo, T.W., Asari, A., Ana, N., Elita, R., Rekayasa dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak, Jurnal Enjiniring Pertanian, Vol. IV, No. 1, April 2006.
- 6] Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill Book Company, New York, 2003.